(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0026007
(43) 공개일자 2018년03월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01B 5/14 (2006.01) *H01B 1/12* (2006.01)
H01B 13/00 (2006.01) *H01B 3/30* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01B 5/14 (2013.01)
H01B 1/124 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0112462
(22) 출원일자 2016년09월01일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성디스플레이 주식회사
경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김건모
경기도 화성시 동탄반석로 96, 407동 2502호 (반송동, 솔빛마을경남아너스빌아파트)
김민우
경기도 화성시 동탄순환대로21길 15, 1349동 203호 (청계동, 동탄2신도시 신안인스빌)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

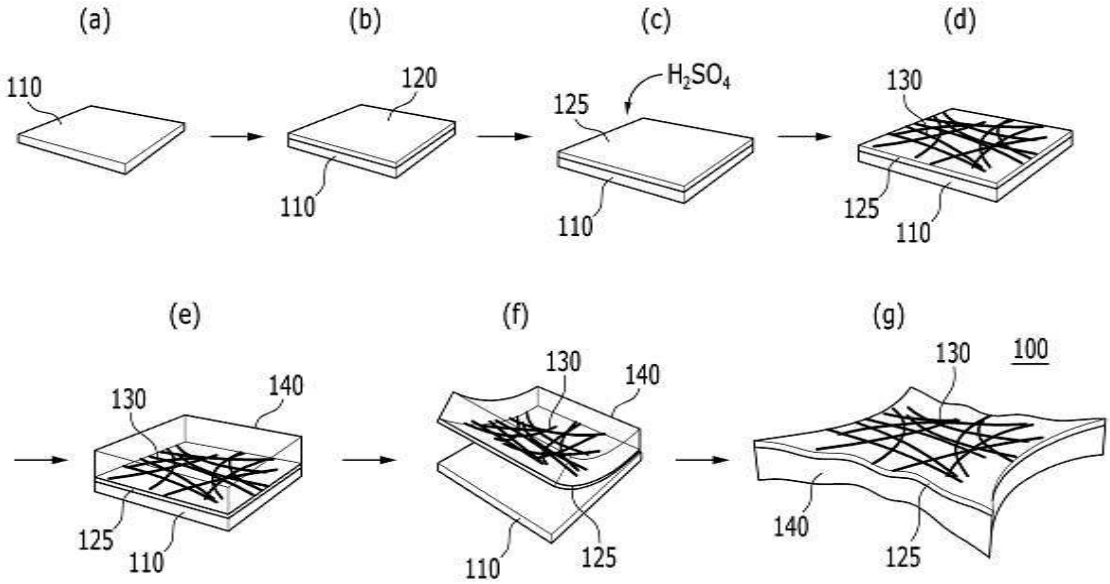
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **투명 전극 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극은 탄성 기판, 상기 탄성 기판과 중첩하는 전도성 고분자층, 상기 탄성 기판과 상기 전도성 고분자층 사이에 위치하는 복수개의 은 나노 와이어를 포함한다. .

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01B 13/0016 (2013.01)
H01B 13/0026 (2013.01)
H01B 3/302 (2013.01)
H01B 3/307 (2013.01)
(72) 발명자
박원상
경기도 용인시 수지구 상현로 67-12, 131동 803호 (상현동, 금호베스트빌4차아파트)
추혜용
경기도 화성시 동탄중앙로 220, D동 1804호 (반송동 , 메타폴리스)
홍종호
경기도 용인시 기흥구 강남동로 128, 906동 2002호 (상하동 , 강남마을한라비발디아파트)
김시훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김주영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
남윤석
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
송명훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이상윤
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

탄성 기판;

상기 탄성 기판과 중첩하는 전도성 고분자층; 그리고

상기 탄성 기판과 상기 전도성 고분자층 사이에 위치하는 복수개의 은 나노 와이어를 포함하는 투명 전극.

청구항 2

제1항에서,

상기 탄성 기판은 PDMS, 폴리우레탄(PU) 및 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함하는 투명 전극.

청구항 3

제1항에서,

상기 전도성 고분자층은 PEDOT:PSS를 포함하는 투명 전극.

청구항 4

제3항에서,

상기 PEDOT:PSS는 산 처리되어 PSS가 일부 제거된 투명 전극.

청구항 5

제1항에서,

상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하인 투명 전극.

청구항 6

전도성 고분자층;

상기 전도성 고분자층의 일면에 위치하는 양친성 고분자 물질층;

상기 전도성 고분자층의 다른 일면에 위치하는 복수개의 은 나노 와이어를 포함하는 투명 전극.

청구항 7

제6항에서,

상기 전도성 고분자층은 PEDOT:PSS를 포함하는 투명 전극.

청구항 8

제7항에서,

상기 PEDOT:PSS는 산처리되어 PSS가 일부 제거된 투명 전극.

청구항 9

제6항에서,

상기 양친성 고분자 물질층은 공액성 고분자를 포함하는 투명 전극.

청구항 10

제6항에서,

상기 양친성 고분자 물질층은 PFN 또는 PEI를 포함하는 투명 전극.

청구항 11

제6항에서,

상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하인 투명 전극.

청구항 12

기판에 PEDOT:PSS층을 코팅하여 제1 층을 형성하는 단계;

상기 제1 층을 황산에 침지하여, PSS가 일부 제거된 제2 층을 형성하는 단계;

상기 제2 층에 은 나노 와이어가 포함된 분산액을 코팅하여 은 나노 와이어층을 형성하는 단계;

상기 은 나노 와이어층 위에 탄성 물질을 도포하는 단계;

상기 기판을 제거하는 단계를 포함하는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 13

제12항에서,

상기 제1 층을 형성하는 단계는 Zonyl이 첨가된 PEDOT:PSS 용액을 코팅하여 이루어지는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 14

제12항에서,

상기 탄성 물질은 PDMS, 폴리우레탄(PU) 및 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상인 투명 전극의 제조 방법.

청구항 15

제12항에서,

전사 기판 위에 양친성 고분자 물질층을 코팅하는 단계;

상기 양친성 고분자 물질층 위에 상기 제2 층, 은 나노 와이어층, 탄성 물질을 포함하는 투명 전극을 위치시키는 단계;

상기 양친성 고분자 물질층, 제2 층, 은 나노 와이어층, 탄성 물질이 차례로 적층된 구조체에 열과 압력을 가하는 단계;

상기 탄성 물질을 제거하는 단계를 포함하는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 16

제15항에서,

상기 양친성 고분자 물질층은 공액성 고분자를 포함하는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 17

제15항에서,

상기 양친성 고분자는 물질층은 PFN 또는 PEI를 포함하는 투명 전극의 제조 방법.

청구항 18

제12항에서,

상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하인 투명 전극의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 투명 전극 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 투명 전극은 최근 면저항의 크기에 따라 정전기 방지막, 터치 스크린, 발광다이오드, 태양전지 등 여러 응용분야에 적용되고 있다.

[0003] 현재까지는 투명 전극으로 인듐 주석 산화물(Indium Tin Oxide, ITO)이 주로 사용되어 왔으며, 이는 In_2O_3의 결정구조에 인듐(In)을 주석(Sn)으로 치환한 형태이며, 비교적 높은 전기적 특성과 투과도를 가지고 있다. 그러나 ITO 박막은 고진공의 스퍼터(sputter) 공정이 필요하며 치환된 주석(Sn)을 활성화시키고 결정도를 유도하기 위해 300℃ 이상의 고온이 필요하다는 단점이 있으며, 특히 플렉서블 소자에 적용하기에는 한계가 있다.

[0004] 이에, 진공 공정이 불필요하고 저가 인쇄 공정이 가능한 전도성 고분자나 탄소 기반 재료들이 각광받고 있다.

[0005] 특히, 폴리티오펜계 전도성 고분자 중 하나인 PEDOT을 개질시킨 PEDOT:PSS는 비정질 ITO에 버금가는 전기적 특성과 가시광 영역에서 우수한 투과를 보이면서, 용액 공정이 가능하여 투명 전극의 재료로 사용된다. 그러나, 이 경우에도 실용화할 정도의 높은 전도도는 구현이 어렵다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 실시예들은 높은 전도성을 가지며, 연신 가능한 투명 전극 및 이의 제조 방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에 따른 투명 전극은 탄성 기판, 상기 탄성 기판과 중첩하는 전도성 고분자층, 그리고 상기 탄성 기판과 상기 전도성 고분자층 사이에 위치하는 복수개의 은 나노 와이어를 포함한다.

[0008] 상기 탄성 기판은 PDMS, 폴리우레탄(PU) 및 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0009] 상기 전도성 고분자층은 PEDOT:PSS를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 PEDOT:PSS는 산 처리되어 PSS가 일부 제거될 수 있다.

[0011] 상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하일 수 있다.

[0012] 다른 일 실시예에 따른 투명 전극은 전도성 고분자층, 상기 전도성 고분자 층의 일면에 위치하는 양친성 고분자 물질층, 상기 전도성 고분자층의 다른 일면에 위치하는 복수개의 은 나노 와이어를 포함한다.

[0013] 상기 전도성 고분자층은 PEDOT:PSS를 포함할 수 있다.

[0014] 상기 PEDOT:PSS는 산처리되어 PSS가 일부 제거될 수 있다.

[0015] 상기 양친성 고분자 물질층은 공액성 고분자를 포함할 수 있다.

[0016] 상기 양친성 고분자 물질층은 PFN 또는 PEI를 포함할 수 있다.

[0017] 상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하일 수 있다.

[0018] 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 기판에 PEDOT:PSS층을 코팅하여 제1 층을 형성하는 단계, 상기 제1 층을 황산에 침지하여, PSS가 일부 제거된 제2 층을 형성하는 단계, 상기 제2 층에 은 나노 와이어가 포함된 분산액을 코팅하여 은 나노 와이어층을 형성하는 단계, 상기 은 나노 와이어층 위에 탄성 물질을 도포하는 단계,

및 상기 기판을 제거하는 단계를 포함한다.

[0019] 상기 제1 층을 형성하는 단계는 Zonyl이 첨가된 PEDOT:PSS 용액을 코팅하여 이루어질 수 있다.

[0020] 상기 탄성 물질은 PDMS, 폴리우레탄(PU) 및 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)로 이루어진 군으로부터 선택되는 하나 이상일 수 있다.

[0021] 다른 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 전사 기판 위에 양친성 고분자 물질층을 코팅하는 단계, 상기 양친성 고분자 물질층 위에 상기 제2 층, 은 나노 와이어층, 탄성 물질을 포함하는 투명 전극을 위치시키는 단계, 상기 양친성 고분자 물질층, 제2 층, 은 나노 와이어층, 탄성 물질이 차례로 적층된 구조체에 열과 압력을 가하는 단계 및 상기 탄성 물질을 제거하는 단계를 포함한다.

[0022] 상기 양친성 고분자 물질층은 공액성 고분자를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 양친성 고분자는 물질층은 PFN 또는 PEI를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 투명 전극은 면저항이 30 Ω/square 이하일 수 있다.

발명의 효과

[0025] 실시예들에 따르면, 전도성이 개선되며, 연신이 가능한 투명 전극 및 이의 제조 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법을 나타낸 것이다.

도 2는 도 1의 투명 전극을 대상물에 전사하는 공정을 도시한 것이다.

도 3은 일 실시예에 따른 투명 전극을 도시한 것이다.

도 4는 다른 일 실시예에 따른 투명 전극을 도시한 것이다.

도 5는 전도성 고분자층(PEDOT:PSS)만 포함하는 투명 전극(비교예 1)과, 전도성 고분자층(PEDOT:PSS)과 은 나노 와이어층을 모두 포함하는 투명 전극(실험예 1)에 대하여 파장에 따른 투과율을 측정한 것이다.

도 6은 실험예 1의 투명 전극과 비교예 1의 투명 전극에 대하여 기계적 변형에 따른 저항 변화율을 측정하고 그 결과를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 여러 실시예들에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예들에 한정되지 않는다.

[0028] 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 동일 또는 유사한 구성요소에 대해서는 동일한 참조 부호를 붙이도록 한다.

[0029] 또한, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다. 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 그리고 도면에서, 설명의 편의를 위해, 일부 층 및 영역의 두께를 과장되게 나타내었다.

[0030] 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다. 또한, 기준이 되는 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 하는 것은 기준이 되는 부분의 위 또는 아래에 위치하는 것이고, 반드시 중력 반대 방향 쪽으로 "위에" 또는 "상에" 위치하는 것을 의미하는 것은 아니다.

[0031] 또한, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0032] 또한, 명세서 전체에서, "평면상"이라 할 때, 이는 대상 부분을 위에서 보았을 때를 의미하며, "단면상"이라 할 때, 이는 대상 부분을 수직으로 자른 단면을 옆에서 보았을 때를 의미한다.

[0033] 그러면 이하에서 도면을 참고로 하여, 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법 및 투명 전극에 대하여 상세히 설명한다.

[0034] 먼저, 투명 전극의 제조 방법에 대하여 설명한다. 도 1은 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법을 나타낸 것이다. 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 기판에 PEDOT:PSS를 코팅하여 제1 층을 형성하는 단계, 제1 층을 황산에 침지하여, PSS가 일부 제거된 제2 층을 형성하는 단계, 제2 층에 은 나노 와이어가 포함된 분산액을 코팅하여 은 나노 와이어층을 형성하는 단계, 은 나노 와이어층 위에 탄성물질을 도포하는 단계 및 기판을 제거하는 단계를 포함한다.

[0035] 먼저, 도 1a 및 1b를 참고하면, 기판(110) 위에 PEDOT:PSS 용액을 코팅하여 제1 층(120)을 형성한다. 이때, 기판(110)은 이후 단계에서 제거되기 때문에, 제거가 용이한 물질이라면 제한 없이 사용 가능하다. 일례로, 기판(110)은 유리일 수 있다. 제1 층(120)은 PEDOT:PSS 용액이 코팅되어 형성된 것으로, PEDOT:PSS를 포함한다. PSS 본 단계에서, PEDOT:PSS 용액은 Zonyl을 포함할 수 있다. Zonyl은 불소계 계면활성제로, 최종 제조된 투명 전극의 연신을 용이하게 할 수 있다. Zonyl 처리에 의해 제1 층(120) 내부에 섬유질과 유사한 주름 구조가 형성되고, 이러한 주름 구조는 이후 투명 전극의 연신 시 연신이 잘 이루어지도록 도와준다.

[0036] 다음, 도 1c를 참고하면, 제1 층(120)을 황산(H_2SO_4)에 침지하여, PSS가 일부 제거된 제2 층(125)을 형성한다.

즉, 제2 층(125)은 PSS가 일부 제거된 PEDOT:PSS를 포함한다. 이때, PSS는 전부 제거되는 것은 아니며, 일부가 황산에 녹아 제거된다. PEDOT:PSS는 전도성 고분자 물질이다. 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT)이 중합된 형태인 PEDOT은 전하균형을 유지시켜줄 수 있는 반대전하(counterion)을 갖는 단량체 혹은 고분자의 존재 하에 산화중합이 가능하며, 중합방법 또는 반대전하에 따라서 PEDOT의 분자량, 결정도, 모폴로지, 도핑 수준 및 전도도에 영향을 미칠 수 있다. 이때, 폴리스틸렌설포네이트(PSS)를 주형(template)로 사용하여 PEDOT을 수용액 상에서 분산될 수 있도록 유도한 것이 PEDOT:PSS이며 이는 전도성을 갖는다.

[0037] PEDOT:PSS에서 PSS는 친수성을 가지는데, 이를 황산에 침지하는 경우 황산에 PSS가 녹아나오면서 PEDOT의 재배열이 일어난다. 재배열 과정에서, PEDOT의 전도성이 향상되고, 표면 에너지가 변화한다. 즉, 황산 처리를 하는 경우, PEDOT:PSS를 포함하는 제1 층(120)이 개질되어 PSS가 일부 제거된 PEDOT:PSS를 포함하는 제2 층(125)이 형성되며, 제2 층(125)은 제1 층(120)에 비하여 낮은 표면 저항을 갖는다.

[0038] 다음, 도 1d를 참고하면, 제2 층(125)에 은 나노 와이어가 포함된 분산액을 코팅하여 은 나노 와이어층(130)을 형성한다. 도 1d에 도시된 바와 같이 이러한 분산액 코팅에 의해 제2 층(125) 상에 다수의 은 나노 와이어가 포함된 은 나노 와이어층(130)이 형성된다.

[0039] 다음, 도 1e를 참고로 하면, 은 나노 와이어층(130) 위에 탄성 물질(140)을 도포한다. 이때 도포되는 탄성 물질은 PDMS일 수 있다. 그러나, 탄성 물질의 종류는 제한되지 않으며, 탄성을 갖는 고분자라면 제한 없이 사용 가능하다. 탄성 물질(140)은 폴리우레탄(PU) 또는 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)를 포함할 수 있다. 이러한 탄성 물질(140)은 제조되는 투명 전극의 연신을 가능하게 한다. 즉, 본 단계에서 도포되는 탄성 물질(140)은 최종 제조되는 투명 전극에서, 연신 가능한 탄성 기판으로 쓰인다.

[0040] 다음, 도 1f를 참고로 하면, 탄성 물질(140), 은 나노 와이어층(130) 및 제2 층(125)의 적층체로부터, 기판(110)을 제거한다. 이때 PSS가 상당수 제거된 PEDOT:PSS를 포함하는 제2 층(125)과 PDMS를 포함하는 탄성 물질(140) 사이의 인력이 강하기 때문에, 은 나노 와이어들은 PSS가 일부 제거된 PEDOT:PSS와 PDMS 사이에 고정되게 된다.

[0041] 이렇게 제조된 투명 전극(100)은 도 1g에 도시되어 있다. 도 1g에서 확인할 수 있는 바와 같이, 본 실시예에 따라 제조되는 투명 전극(100)은 탄성 물질(140)과 전도성 고분자인 제2 층(125) 사이에 은 나노 와이어층(130)이 위치한다. 따라서, 은 나노 와이어에 의해 높은 전도성을 가지면서도, 탄성 물질(140)과 전도성 고분자인 제2 층(125) 모두 고분자이기 때문에 연신이 잘 이루어질 수 있다. 도 1과 같이 제조된 투명 전극(100)을 그대로 전극으로 사용할 수도 있고, 도 1에서 제조된 투명 전극(100)을 다른 대상에 전사하여 사용할 수도 있다.

[0042] 그러면, 도 2를 참고로 하여, 도 1과 같이 형성된 투명 전극을 대상물에 전사하는 공정에 대해 설명하기로 한다. 도 2는 도 1의 투명 전극을 대상물에 전사하는 공정을 도시한 것이다. 즉, 도 2의 실시예는 도 1에 따라 제조된 투명 전극을 대상물에 전사하는 공정을 포함한다.

[0043] 도 2a를 참고로 하면, 먼저 투명 전극(100)이 전사되는 전사 기판(210)을 준비하고, 전사 기판(210) 위에 양친성 고분자 물질층(220)을 형성한다.

[0044] 전사 기판(210)은 용도에 따라 다양할 수 있다. 편의상 전사 기판(210)이라고 칭하였으나, 이는 기판에 한정되는 것이 아니며, 투명 전극이 적용될 수 있는 다양한 구조물을 포함한다. 즉, 전사 기판(210)은 유기 발광 소자, 태양 전지, 표시 장치, 터치 구조물 등을 포함할 수 있다.

[0045] 양친성 고분자 물질층(220)은 양친성 고분자를 포함할 수 있다. 양친성 고분자란 소수성을 가지는 블록과 친수성을 가지는 블록을 함께 가지고 있는 고분자를 말한다, 이러한 양친성 고분자는 내부에 양극성 이온, 또는 양극성을 가진 작용기를 포함할 수 있다. 양친성 고분자 물질층(220)은 공액성 고분자를 포함할 수 있다. 이렇게 친수성 및 소수성을 모두 갖는 양친성 고분자는 전사 기판(210)에 투명 전극(100)이 용이하게 전사되도록 한다.

[0046] 양친성 고분자 물질층(220)은 PFN(Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)]) 또는 PEI(Polyethylenimine)을 포함할 수 있다.

[0047] 도 2a 및 도 2b를 참고로 하면, 전사 기판(210) 및 양친성 고분자 물질층(220) 위에, 도 1에서 제조된 투명 전극(100)을 위치시킨다. 이때, 투명 전극(100)의 제2 층(125)이 양친성 고분자 물질층(220)과 접하도록 위치시킨다.

[0048] 다음, 압력과 열을 가하여, 양친성 고분자 물질층(220)과 제2 층(125)을 결합시킨다. 이때 양친성 고분자 물질층(220)과 제2 층(125)은 모두 고분자 물질이기 때문에, 압력과 열에 의하여 서로 중합하여 결합한다.

[0049] 다음, 도 2c를 참고로 하면, 압력과 열을 모두 제거하고, 구조물이 충분히 식을 때까지 기다린 후, 탄성 물질(140)을 제거한다. 이때 양친성 고분자 물질층(220)과 제2 층(125)의 결합력이, 제2 층(125)과 탄성 물질(140)의 결합력보다 강하기 때문에 탄성 물질(140)은 용이하게 제거되고, 제2 층(125)은 양친성 고분자 물질층(220) 상에 남아 있게 된다.

[0050] 은 나노 와이어층(130) 또한 탄성 물질(140)과의 결합력보다, 제2 층(125)과의 결합력이 더 크다. 따라서, 본 단계에서 은 나노 와이어층(130)은 탄성 물질(140)과 함께 제거되지 않고, 제2 층(125) 위에 남아있게 된다.

[0051] 즉, 도 2의 실시예에 따라 전사된 투명 전극은 최상층에 은 나노 와이어층(130)이 위치하며, 은 나노 와이어층(130) 아래에 제2 층(125), 양친성 고분자 물질층(220)이 차례로 위치한다. 이러한 도 2의 실시예에 따른 전사 방법은 전도성을 가지면서도 연신 가능한 전극의 전사를 용이하게 할 수 있다. 즉, 본 실시예에 따른 전사 방법은 전사 기판(210)과 제2 층(125) 사이에 양친성 고분자 물질층(220)이 위치하기 때문에, 양친성 고분자 물질층(220)과 제2 층(125)사이의 결합력에 의해, 전사 및 탄성 물질(140)의 제거가 용이하다. 또한, 은 나노 와이어층(130)과 제2 층(125)이 투명 전극에 모두 포함되어 있기 때문에 전도성이 높고, 고분자인 제2 층(125)을 포함하므로 전극의 투명성, 연신성을 유지할 수 있다.

[0052] 그러면 이하에서 일 실시예에 따른 투명 전극에 대하여 설명한다. 도 3은 일 실시예에 따른 투명 전극(300)을 도시한 것이다. 도 3을 참고로 하면, 본 실시예에 따른 투명 전극(300)은 탄성 기판(310), 은 나노 와이어층(320), 전도성 고분자층(330)이 차례로 적층된 구조를 갖는다.

[0053] 탄성 기판(310)은 연신이 가능한 탄성 고분자를 포함할 수 있다. 탄성 기판(310)은 PDMS를 포함할 수 있다. 또는 탄성 기판(310)은 폴리우레탄(PU), 폴리우레탄 아크릴레이트(PUA)를 포함할 수 있다. 또한, 탄성을 갖는 고분자라면 제한 없이 사용 가능하다.

[0054] 탄성 기판(310) 위에 은 나노 와이어층(320)이 위치한다. 은 나노 와이어층(320) 위에 위치하는 전도성 고분자층(330)도 전도성을 가지긴 하지만, 이는 금속에 비하여, 전도성이 낮으며 따라서 전극으로 사용하기에 충분하지 않다. 그러나 본 실시예에 따른 투명 전극(300)은 내부에 은 나노 와이어를 포함하기 때문에, 투명 전극(300)의 면저항을 현저히 감소시키고, 전도성을 개선할 수 있다. 또한, 은 나노 와이어는 사이즈가 나노 단위이며, 투명 전극(300) 내에서 분산되어 있어, 투명 전극(300)의 투명도 및 연신에 큰 영향을 미치지 않는다.

[0055] 전도성 고분자층(330)은 투명 전극(300)의 평평한 표면을 제공한다. 또한, 전도성 고분자층(330)은 PEDOT:PSS를 포함할 수 있다. 이때, PEDOT:PSS는 황산에 의해 처리되어, PSS가 일부 제거된 상태일 수 있다. PSS 제거 과정에서, PEDOT의 재배열이 일어나며, 재배열 과정에서, PEDOT의 전도성이 향상되고, 표면 에너지가 변화한다. 따라서, 본 실시예에 따른 산 처리된 PEDOT:PSS는 통상의 PEDOT:PSS에 비하여 표면 저항이 낮을 수 있다.

[0056] 이상과 같이 본 실시예에 따른 투명 전극(300)은, 연신이 가능한 탄성 기판(310) 위에 은 나노 와이어층(320)이 위치하고, 그 위에 전도성 고분자층(330)이 위치한다. 탄성 기판(310) 및 전도성 고분자층(330)은 모두 고분자 재료를 포함하기 때문에, 연신이 가능하다. 또한, 전도성 고분자층(330)과 은 나노 와이어층(320)이 투명 전극(300)에 모두 포함되어 있으므로, 전도성 고분자층(330)의 높은 면저항을 은 나노 와이어층(320)이 보상하여,

전체적으로 낮은 면저항 및 높은 전기 전도성을 얻을 수 있다.

[0057] 그러면 도 4를 참고로 하여, 다른 일 실시예에 따른 투명 전극(400)에 대하여 설명한다. 도 4는 다른 일 실시예에 따른 투명 전극(400)을 도시한 것이다. 도 4를 참고로 하면 일 실시예에 따른 투명 전극(400)은 지지 부재(500) 위에 위치하며, 지지 부재(500) 위의 양친성 고분자 물질층(410), 양친성 고분자 물질층(410) 위의 전도성 고분자층(420), 전도성 고분자층(420) 위의 은 나노 와이어층(430)을 포함한다.

[0058] 지지 부재(500)는 투명 전극이 위치할 수 있는 구조면 제한되지 않는다. 즉, 발광 소자, 태양 전지, 액정 표시 장치, 유기 발광 표시 장치 등과 같이 전극을 필요로 하는 모든 구조가 지지 부재(500)일 수 있다.

[0059] 양친성 고분자 물질층(410)은 공액성 고분자를 포함할 수 있다. 양친성 고분자 물질층(410)은 PFN(Poly [(9,9-bis(3'-(N,N-dimethylamino)propyl)-2,7-fluorene)-alt-2,7-(9,9-dioctylfluorene)]) 또는 PEI(Polyethylenimine)을 포함할 수 있다. 양친성 고분자 물질층(410)에 포함된 양친성 고분자는 친수성과 소수성을 동시에 갖기 때문에 지지 부재(500)와도 잘 결합하면서, 양친성 고분자 물질층(410)위에 위치하는 전도성 고분자층(420)과도 잘 결합할 수 있다.

[0060] 양친성 고분자 물질층(410) 위에 전도성 고분자층(420)이 위치한다. 전도성 고분자층(420)은 PEDOT:PSS를 포함할 수 있다. 이때, PEDOT:PSS는 황산에 의해 처리되어, PSS가 일부 제거되고, 표면 저항이 감소된 상태일 수 있다.

[0061] 다음 전도성 고분자층(420) 위에 은 나노 와이어층(430)이 위치한다. 은 나노 와이어층(430)은 복수개의 은 나노 와이어를 포함한다. 이러한 은 나노 와이어는 투명 전극(400)의 투과율이나, 연신 특성에 큰 영향을 미치지 않으면서도 투명 전극(400)의 면저항을 현저하게 감소시키고, 투명 전극(400)의 전도성을 개선한다.

[0062] 도 5는 전도성 고분자층(PEDOT:PSS)만 포함하는 투명 전극(비교예 1)과, 전도성 고분자층(PEDOT:PSS)과 은 나노 와이어층(AgNWs)을 모두 포함하는 투명 전극(실험예 1)에 대하여 파장에 따른 투과율을 측정한 것이다. 표 1은 비교예 1과 실험예 1에 대하여 면저항 및 550 nm에서의 투과율을 측정하여 나타낸 것이다.

표 1

[0063]

	R_{sheet} (Ω/square)	투과율 (%) at 550 nm
실험예 1 (PEDOT:PSS + AgNWs)	23.2	90.5
비교예 1 (PEDOT:PSS)	185.8	93

[0064] 도 5를 참고로 하면, 비교예 1과 실험예 1의 투명 전극은 전 파장 영역에서 전체적으로 유사한 수준의 투과율을 나타내었다. 비교예 1에 비하여 실험예 1이 투과율이 다소 낮게 나타나는 경향은 있으나, 실제 투과율이 90% 이상인 경우 우수한 성능의 투명 전극으로 사용 가능함을 고려해 볼 때 그 차이는 미미함을 확인할 수 있었다. 또한, 표 1에 나타난 바와 같이 550 nm 파장에서 실험예 1의 투명 전극 및 비교예 1의 투명 전극 모두 90% 이상의 투과율을 나타냄을 확인할 수 있었다.

[0065] 또한, 표 1을 참고로 하면 실험예 1의 투명 전극의 면저항은 23.2(Ω/square)로 비교예 1의 투명 전극의 면저항 185.8(Ω/square)에 비하여 약 12% 수준임을 확인할 수 있었다. 즉, 은 나노 와이어를 포함하는 본 실험예에 따른 투명 전극이, 은 나노 와이어를 포함하지 않는 경우에 비하여 면저항이 현저히 감소하고, 전도성이 현저히 개선됨을 확인할 수 있었다.

[0066] 즉, 본 기재의 실시예에 따른 투명 전극은 유사한 수준의 투과도를 유지하면서도, 면저항을 약 1/8 수준으로 감소시킬 수 있는바 전도 특성이 우수하다. 또한, 은 나노 와이어는 나노 사이즈로 분산되어 있으므로, 투명 전극을 구부리거나 연신하는 경우에도 연신 특성에 영향을 미치지 않는다.

[0067] 도 6은 실험예 1의 투명 전극과 비교예 1의 투명 전극에 대하여 기계적 변형에 따른 저항 변화율을 측정하고 그 결과를 나타낸 것이다. 도 6을 참고로 하면, 실험예 1의 투명 전극과 비교예 1의 투명 전극 모두 strain이 증가함에 따라 저항 변화율이 증가하였으며, 그 변화의 정도가 유사하였다. 따라서 이를 통해, 은 나노 와이어를 추가로 포함하는 실험예 1의 투명 전극이, 연신 특성이나 연신에 따른 저항 변화율에 영향을 미치지 않음을 확인할 수 있었다.

[0068] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0069] 100, 300, 400: 투명 전극 110: 기판

120: 제1 층 125: 제2 층

140: 탄성 물질 130, 320, 430: 은 나노 와이어층

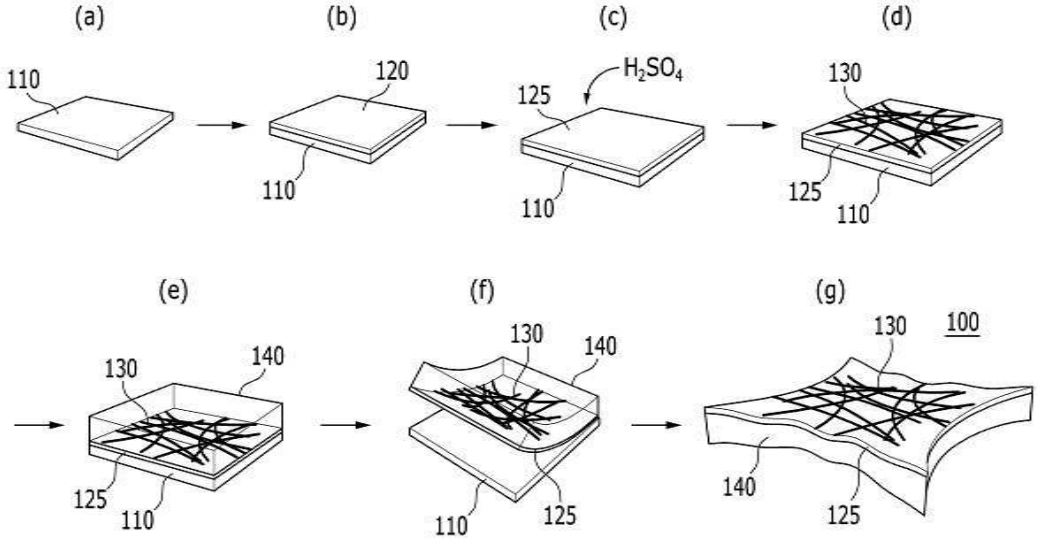
210: 전사 기판 310: 탄성 기판

500: 지지부재 220, 410: 양친성 고분자 물질층

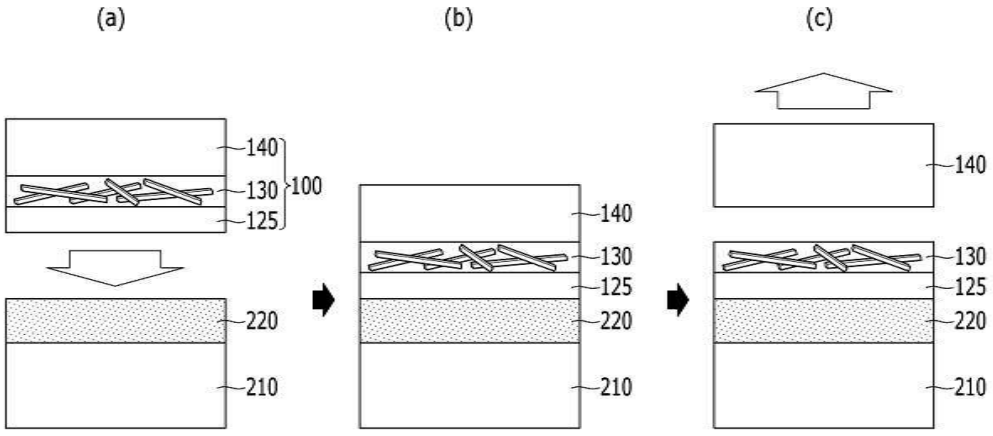
330, 420: 전도성 고분자층

도면

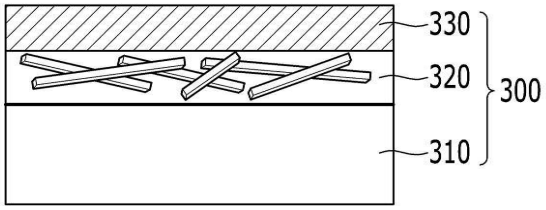
도면1



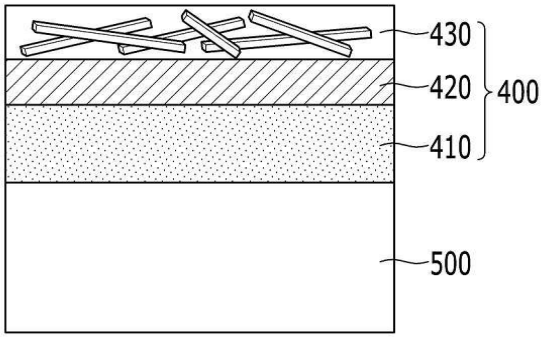
도면2



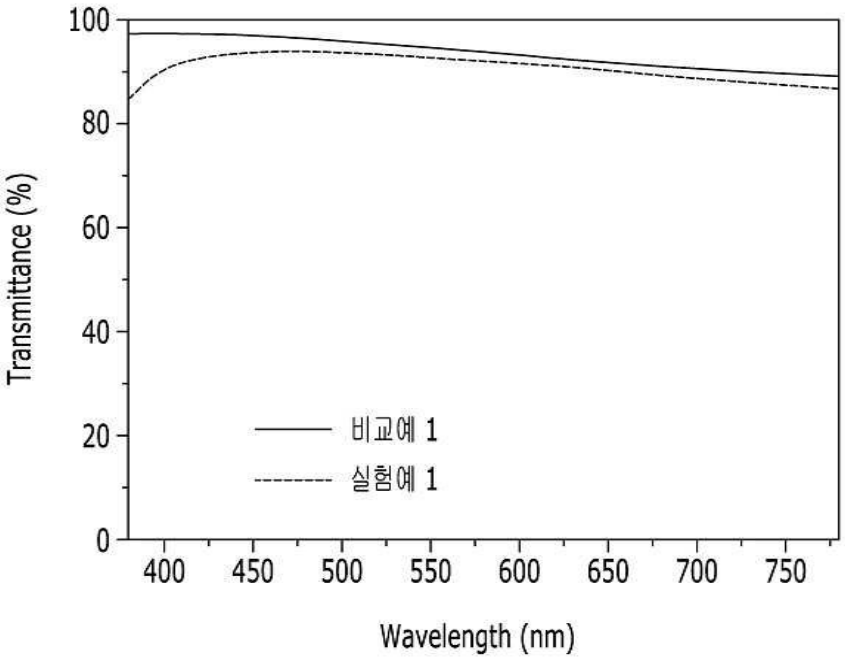
도면3


330
320
300
310

도면4


430
420
400
410
500

도면5


100
80
60
40
20
0
Transmittance (%)
400
450
500
550
600
650
700
750
Wavelength (nm)
비교예 1
실험예 1

도면6

